

07.08.2003

02252-03 He/se

**Liebherr-Aerospace Lindenberg GmbH**  
**D-88153 Lindenberg**

---

Kondensor

---

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Kondensor für eine luftgestützte Klimaanlage mit einem Einlass und einem Auslass für die zu kühlende Luft, mit einem Einlass und einem Auslass für die Kühlluft, mit einer Wärmetauschereinheit zum Wärmeübergang zwischen der zu kühlenden Luft und der Kühlluft, mit einem Bypass, der die Wärmetauschereinheit kühlluftseitig zumindest bereichsweise umgeht sowie mit einem Warmlufteinlass auf der Kühlluftseite, mittels dessen Warmluft in den Kondensor einführbar ist.

Lüftgestützte Klimaanlage werden insbesondere in Flugzeugen verwendet, wobei wesentliche Kriterien für die Auslegung dieser Anlagen unter anderem ein geringes Bauvolumen und Gewicht sowie geringe Feuchte der Kühlluft sind. Um Bauvolumen und Gewicht zu minimieren, erfolgt die Auslegung einer Klimaanlage auf eine möglichst geringe Kühlluftmenge. Bei vorgegebener Kühlleistung resultiert dies meist in Kühllufttemperaturen unter dem Gefrierpunkt. Die in der Klimaanlage gekühlte Luft wird mit Umluft aus dem zu kühlenden Raum vermischt, um komfortable Einblastemperaturen von  $> 10^{\circ} \text{C}$  zu erreichen, wie dies schematisch in Figur 1 dargestellt ist. Die aus den Klimaanlage 1 und 2 austretende Kühlluft wird nach

passieren einer Rückschlagklappe in einer Mischkammer mit aus der Kabine des Flugzeuges abzogener Umluft vermischt und diese Luftmischung sodann der Kabine zugeführt.

Problematisch ist die negative Kühllufttemperatur, die im Auslassbereich zur Bildung von Eis und Schnee führen kann. Dies kann zur Folge haben, dass die Auslassleitung der Klimaanlage zumindest teilweise verstopft und damit die Kühlluftversorgung gefährdet. Es ist daher eine wesentliche Aufgabe einer luftgestützten Klimaanlage eine effektive Entfeuchtung der Kühlluft zu gewährleisten, um einerseits die Möglichkeit für die genannte Eis- und Schneebildung in der Auslassleitung zu vermindern und andererseits eine geringe Raumluft-Feuchte zu erreichen, was einem erhöhten Passagierkomfort entspricht.

Eine ausreichende Entfeuchtung ist nicht nur bei maximaler Kühlleistung der Klimaanlage sondern auch im Teillastbereich erforderlich.

Den Aufbau einer typischen Flugzeugklimaanlage gemäß dem Stand der Technik zeigt Figur 2: der Vorwärmetauscher (PHX) 20 wird warmluftseitig mit heißer Druckluft von den Triebwerken oder einem Hilfsaggregat (ca. 200° C und 3 bar) bei geöffnetem Durchsatzregelventil (FCV) 10 versorgt. In dem Vorwärmetauscher 20 wird die Luft auf ca. 100° C vorgekühlt, wozu Stauluft bzw. Umgebungsluft dient, die durch den Stauluftkanal dem Vorwärmetauscher 20 zugeführt wird. Die aus dem Vorwärmetauscher 20 austretende Luft wird in einem Kompressor 30 weiter verdichtet. Danach folgt eine zweite Abkühlung der Druckluft in dem Hauptwärmetauscher (SHX) 40, der im Stauluftkanal kaltluftseitig stromaufwärts des Vorwärmetauschers angeordnet ist. Hier wird die Luft auf circa 40° C abgekühlt und nachfolgend in einem Wasserabscheidesystem bestehend aus den Komponenten Reheater 50, Kondensor 70 und Wasserabscheider 80 entfeuchtet. Der Kondensor 70 wird auf seiner Niederdruckseite mit kalter Turbinenauslassluft durchströmt, wodurch die Luft auf der warmen Hochdruckseite des Kondensors 70 abkühlt und kondensiert. Das kondensierte Wasser wird in dem Wasserabscheider 80 abgeschieden, der dem Kondensor 70 nachgeschaltet ist. Die auf diese Weise ent-

feuchtete Luft wird nach passieren des Reheaters 50 sodann in der Turbine 60 entspannt und dabei bis auf ca.  $-30^{\circ}\text{C}$  abgekühlt. Die an der Turbine anfallende Wellenleistung wird zum Antrieb des Kompressors 30 und des im Stauluftkanal angeordneten Gebläses 120 verwendet. Vom Turbinenauslass strömt die Luft durch die Niederdruckseite des Kondensors 70 und anschließend in eine Mischkammer bzw. in die Kabine.

Die Temperaturregelung bzw. Regelung der Kühlleistung der Anlage erfolgt durch ein Ventil 90, 100 oder 110, das einen variablen Bypass von verschiedenen Teilen der Klimaanlage ermöglicht. Wird eines der genannten Ventile 90, 100, 110 geöffnet, wird warme Luft ( $40^{\circ}\text{C}$  bis  $200^{\circ}\text{C}$ ) am Turbinenauslass zugemischt und dadurch die Auslasstemperatur der Klimaanlage geregelt. Wie aus Figur 2 ersichtlich, kann der Abgriff der Bypassluft je nach Bedarf an unterschiedlicher Stelle erfolgen. Ventil 90 ist in einem Bypass angeordnet, der von dem druckluftseitigen Auslass des Wärmetauschers 20 ausgeht, Ventil 100 ist in einer Bypassleitung angeordnet, die von dem druckluftseitigen Einlass des Wärmetauschers 20 ausgeht und Ventil 110 befindet sich in einer Bypassleitung, die von dem Turbineneinlass ausgeht.

Sämtliche der genannten Bypassvarianten haben gemeinsam, dass sie Zumischung nach der Turbine 60 bzw. am Einlass der Niederdruckseite des Kondensors 70 erfolgt. Der Grund dafür liegt im wesentlichen darin, dass die Ventile 90, 100, 110 auch dazu benutzt werden, um einen etwaigen Eisaufbau zwischen dem Turbinenauslass und dem Kondensor 70 bzw. in der Niederdruckseite des Kondensors 70 durch kurzzeitiges weites Öffnen des entsprechenden Ventils 90, 100, 110 abzuschmelzen.

Der Kondensor 70 bildet durch Abkühlung der Druckluft Kondensat, das in dem nachgeschalteten Wasserabscheider 80 abgeschieden wird. Zu diesem Zweck wird der Kondensor 70 hochdruckseitig, das heißt auf der Warmluftseite mit vorgekühlter, feuchter Druckluft vom Reheater 50 bzw. Hauptwärmetauscher 40 durchströmt. Auf der Niederdruckseite (kalte Seite) wird er mit kalter Turbinenauslassluft bzw.

mit einer Mischung aus Turbinenauslassluft und der mittels der Ventile 90, 100, 110 zugegebenen Warmluft beaufschlagt.

Figur 3 zeigt in unterschiedlichen Ansichten den Aufbau eines derartigen aus dem Stand der Technik (US 4,352,273) bekannten Kondensors. Wie oben ausgeführt, kann aufgrund der Turbinenauslasstemperatur unter dem Gefrierpunkt Eis in der Niederdruckseite des Kondensors 70 auftreten. Damit auch bei extremen Eisaufbau keine Blockade des Kondensors 70 auftritt, ist dieser niederdruckseitig mittig mit einem Bypass versehen. In diesem Teil befinden sich keine Kühlrippen zur Wärmeübertragung, wodurch der Eisaufbau erschwert wird. Sollte trotz des Bypasses eine Blockade auftreten, wird das Eis mittels einer erhöhten Warmluftmenge abgeschmolzen, wozu die Ventile 90, 100, 110 entsprechend geöffnet werden. Der Anteil der Bypass Luft beträgt ca. 30 % der gesamten dem Kondensor 70 niederdruckseitig zugeführten Luft.

Wie aus Figur 3 ersichtlich, wird bei dem aus dem Stand bekannten Kondensor 70 die Warmluft im Einlassbereich der Wärmetauschereinheit mit der Turbinenauslassluft weitgehend vermischt und diese Mischung sodann über den Bypass und die Wärmetauschereinheit verteilt.

Ein damit verbundener Nachteil besteht darin, dass mit dem Öffnen der TCV-Ventile 90, 100, 110, das heißt im Teillastbetrieb der Klimaanlage, der Feuchtegehalt der Klimaanlage Auslassluft zunimmt. Dies ergibt sich aus Figur 4, aus der hervorgeht, dass mit zunehmenden Teillastbetrieb der Feuchtegehalt der Auslassluft der Klimaanlage ansteigt.

Insbesondere im Teillastbetrieb ist bei einer Auslasstemperatur von ca.  $-5^{\circ}\text{C}$  die Gefahr von Eis- und Schneeaufbau am größten, während sie bei starken Kühlbedingungen, das heißt bei geschlossenen TCV-Ventilen deutlich geringer ist. In diesem Fall liegt die Auslasstemperatur der Klimaanlage bei ca.  $-15^{\circ}\text{C}$ . Daraus ergibt sich, dass insbesondere im Teillastbereich eine besonders geringe Luftfeuchte von Vorteil wäre.

Die oben beschriebene Feuchtzunahme tritt bei allen in Figur 2 dargestellten Verschaltungen auf. Die Gründe hierfür sind:

1. Bei jeder TCV-Ventilverschaltung wird die entsprechende Warmluft vor dem niederdruckseitigen Einlass des Kondensors 70 zugemischt und erhöht dadurch die Einlasstemperatur. Die Temperaturerhöhung des Kühlmediums resultiert in einer entsprechend geringeren hochdruckseitigen Abkühlung, was wiederum zur Folge hat, dass weniger Kondensat für die Wasserabscheidung ausfällt, d. h., die der Turbine zugeführte Luft einen höheren Feuchtegehalt aufweist.
2. Bei den Verschaltungen mit den Ventilen 90 und 100 bildet die Warmluft einen Bypass bezüglich Kondensor 70 und Wasserabscheider 80. Daraus ergibt sich, dass diese Luft nicht entfeuchtet ist und somit dementsprechend den Feuchtegehalt der Auslassluft erhöht.
3. Bei der Verschaltung mit dem Ventil 110 tritt ein Bypass der Turbine 60 auf, während der Kompressor 30 nach wie vor den gesamten Durchsatz bewältigen muss. Dadurch verschiebt sich die Balance zwischen diesen beiden Rädern der Air-Cycle-Machine, die sich negativ auf den Kompressorwirkungsgrad auswirkt. Damit erhöht sich die Kompressorauslasstemperatur und letztendlich auch das Temperaturniveau im Kondensor (weniger Kondensat). Der abfallende Kompressorwirkungsgrad ergibt als weiteren Nachteil eine reduzierte Durchlässigkeit der Klimaanlage. Dies bedeutet, dass trotz Abnahme der Kühlleistung im Teillastbereich der Druckbedarf für die Versorgungsluft hoch bleibt oder sogar zunimmt, während er bei den Verschaltungen mit den Ventilen 90 und 100 mit dem Öffnen des Ventils 90, 100 kontinuierlich abnimmt. Diese höhere Belastung erhöht die Betriebskosten und reduziert die Lebensdauer der Druckluftversorgung.

Des weiteren hat diese Verschaltung mit dem Ventil 110 den Nachteil, dass aufgrund der relativ niedrigen Temperatur der Warmluft von nur ca. 40° C keine zuverlässige Enteisung auf der Niederdruckseite des Kondensors 70 möglich ist. Es wäre also ein zusätzliches Ventil notwendig mit den damit verbundenen Nachteilen bezüglich Bauraum, Gewicht und Kosten.

Der vorliegenden Erfindung liegt somit die Aufgabe zu Grunde, die Feuchte der Auslassluft der Klimaanlage auch im Teillastbereich auf einem geringen Niveau zu halten bei nach wie vor hoher Durchlässigkeit der Klimaanlage.

Ausgehend von dem eingangs genannten Kondensor wird diese Aufgabe erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass der Warmlufteinlass derart angeordnet ist, dass die Warmluft im wesentlichen in einem Teilbereich des kühlluftseitigen Kondensorinlasses strömt und dass der Bypass Einlass in dem Teilbereich stromabwärts des Warmlufteinlasses angeordnet ist. Daraus ergibt sich der Vorteil, dass die Warmluft niederdruckseitig im wesentlichen erst im oder nach der Wärmetauschereinheit zugemischt wird. Der Kondensor Bypass, in dem vorteilhaft kein Wärmeaustausch stattfindet, wird somit als integrierte Leitung für die zugeführte Warmluft verwendet. Die eigentliche Vermischung erfolgt niederdruckseitig stromabwärts des kühlluftseitigen Einlasses und vorzugsweise erst im Auslass des Kondensors. Bautechnisch wird die Warmluft niederdruckseitig im Einlassbereich des Kondensor Bypasses zugemischt.

Unter die Erfindung fallen Ausführungsformen, bei denen der Bypass die Wärmetauschereinheit kühlluftseitig vollständig oder nur abschnittsweise umgeht. Entsprechend ergibt sich eine Vermischung in oder nach der Wärmetauschereinheit.

Der Bypass kann im Randbereich des Kondensors angeordnet sein. Auf diese Weise kann erreicht werden, dass der durch den Warmlufteinlass zugeführte Warmluftstrom, der ebenfalls im Randbereich angeordnet sein kann, zuverlässig zum überwiegenden Teil oder vollständig in den Bypass des Kondensors geführt werden kann. Die Warmluft wird in diesem Fall ebenfalls beispielsweise im Randbereich

des Kondensors niederdruckseitig im Einlassbereich des seitlich angeordneten Kondensor Bypass zugemischt. Grundsätzlich ist auch jede beliebige andere Anordnung des Bypasses bzw. des Warmlufteinlasses, wie z. B. eine Anordnung in der Mitte des Kondensors, möglich. Dabei kann der Bypass z. B. in der Kondensormitte angeordnet sein und der Warmlufteinlass beispielsweise als mittig in den Einlassbereich des Kondensors mündender Rohrstutzen ausgeführt sein.

Der Bypass kann integraler Bestandteil des Kondensors sein sein.

Vorteilhaft ist es, wenn der Warmlufteinlass und der Einlass des Bypasses derart zueinander ausgerichtet sind, dass der Warmluftstrom vollständig durch den Bypass geführt wird. Damit werden besonders wirksam die aus dem Stand der Technik bekannten Nachteile vermieden, die sich beispielsweise daraus ergeben, dass eine intensive Vermischung der Warmluft mit der Kühlluft auf der Einlassseite der Wärmetauschereinheit statt findet.

Alternativ kann vorgesehen sein, dass der Warmlufteinlass und der Einlass des Bypass derart zueinander ausgerichtet sind, dass der Warmluftstrom überwiegend durch den Bypass geführt wird. In diesem Fall strömt ein geringer Teil des Warmluftstromes durch die Wärmetauschereinheit.

Es kann vorgesehen sein, dass der Bypass im Randbereich der Wärmetauschereinheit angeordnet ist und dass zwischen der Außenwand der Wärmetauschereinheit und der Wandung des Bypass ein mit zu kühlender Luft durchströmbarer Bereich angeordnet ist. Auf diese Weise kann der Bypass auf seinen beiden Seiten zur Verhinderung von Eisaufbau beheizt werden, wobei als Heizmedium die zu kühlende Luft dient.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass zwei oder mehr Bypässe vorgesehen sind, die jeweils im Randbereich des Kondensors angeordnet sind. Die Bypässe können auch mittig im Kondensor oder auch zum Teil mittig und zum Teil im Randbereich angeordnet sein. Grundsätzlich sind beliebige Gestal-

tungsmöglichkeiten denkbar, so z. B. auch eine Anordnung eines, mehrerer oder aller Bypässe im Bereich zwischen Kondensormitte und – randbereich.

Es können ein oder mehrere Ventile vorgesehen sein, mittels derer der Volumenstrom der dem oder den Bypässen jeweils zugeführten Warmluft veränderbar ist. Entsprechendes gilt selbstverständlich auch dann, wenn nur ein Bypass vorgesehen ist. Auch in diesem Fall kann ein Ventil vorgesehen sein, mittels dessen der Volumenstrom der durch die Warmluftleitung in den Einlassbereich geführten Warmluft veränderbar ist. Ist das entsprechende Ventil geschlossen, wird die Anlage mit maximaler Kühlleistung betrieben, da keine Warmluft zugemischt wird. In diesem Fall erfüllt der Bypass seine bereits aus dem Stand der Technik bekannte Funktion. Die Turbinenauslassluft strömt teilweise durch die Wärmeaustauschfläche und teilweise durch den Bypass. Je nach Ventilstellung kann nun die Warmluft zugemischt werden, wobei diese entsprechend der erfindungsgemäßen Anordnung ausschließlich oder überwiegend durch den Bypass strömt, während die Kühlluft zum überwiegenden Teil durch die Wärmetauschereinheit strömt.

Der oder die Ventile können in die Wärmetauschereinheit integriert sein.

In weiterer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, das ein Wasserabscheider in den Auslass der Kühlluft oder der zu kühlenden Luft integriert ist.

Die Wärmetauschereinheit kann beliebig ausgeführt sein, beispielsweise als Kreuzströmer, Gegenströmer oder Gleichströmer.

Die vorliegende Erfindung betrifft ferner eine luftgestützte Klimaanlage, insbesondere für Flugzeuge, mit wenigstens einer Turbine zur Entspannung und Abkühlung von der Passagierkabine zuzuführender Luft mit einem Kondensor, der eine Wärmetauschereinheit aufweist, deren kühlluftseitiger Einlass mit dem Turbinenauslass in Verbindung steht, sowie mit einer Zumischleitung, mittels derer der der Passagierkabine zuzuführenden Luft Warmluft zumischbar ist. Die Zumischleitung mündet erfindungsgemäß stromabwärts des kühlluftseitigen Einlasses der Wärmetausche-



reinheit ein. Dadurch ergibt sich auch im Teillastbereich eine hohe Wärmeübertragungsleistung im Kondensor und damit eine ausreichende Kondensatbildung für die Wasserabscheidung.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Zumischleitung in den Auslassbereich der Wärmetauschereinheit in dem Kondensor einmündet. Hier wird die Warmluft mit der Kühlluft gemischt, die die Wärmetauschereinheit passiert hat.

In weiterer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass die Klimaanlage einen Stauluftkanal aufweist, in dem ein oder mehrere Wärmetauscher angeordnet sind, die kaltluftseitig von Stau- oder Umgebungsluft durchströmt werden und die warmluftseitig mit einer Warmluftleitung in Verbindung stehen, die mit der Zumischleitung derart in Verbindung steht, dass diese aus der Warmluftleitung mit Warmluft versorgt wird. Der Abzug der der Zumischleitung zuzuführenden Warmluft aus der Warmluftleitung kann vor dem oder den Wärmetauschern erfolgen oder auch an beliebiger Position zwischen Wärmetauschern oder auch warmluftseitig stromabwärts des oder der Wärmetauscher. Von Bedeutung ist, dass die Warmluft eine höhere Temperatur aufweist als die Turbinenauslassluft. Bei Abzug der Warmluft vor Passieren eines Wärmetausches ergibt sich eine besonders hohe Warmlufttemperatur. Von der Erfindung ebenfalls umfasst ist der Abzug nach oder zwischen dem oder den Wärmetauschern, wobei sich naturgemäß geringere Warmlufttemperaturen ergeben.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn der Kondensor nach einem der Ansprüche 1 bis 11 ausgeführt ist und die Zumischleitung durch den Bypass des Kondensors gebildet wird.

Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung werden anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1: Schematische Darstellung einer Flugzeug-Klimaanlage mit Mischkammer,

Figur 2: schematische Darstellung einer Flugzeugklimaanlage mit unterschiedlichen Bypassanordnungen gemäß dem Stand der Technik,

Figur 3: Aufbau eines Kondensors gemäß dem Stand der Technik,

Figur 4: Abhängigkeit der Feuchte der Auslassluft der Klimaanlage von der Last über den Arbeitsbereich,

Figur 5: schematische Darstellung der Flugzeugklimaanlage mit Bypass Schaltung gemäß der vorliegenden Erfindung,

Figur 6: unterschiedliche Darstellungen des Kondensors gemäß der vorliegenden Erfindung,

Figur 7: Abhängigkeit der Feuchte der Auslassluft der Klimaanlage von der Last über den Arbeitsbereich gemäß dem Stand der Technik und der vorliegenden Erfindung,

Figur 8: Luftaufteilung im Kondensor gemäß der vorliegenden Erfindung und

Figur 9: Kondensor gemäß der vorliegenden Erfindung mit seitlich angeordnetem Bypass und beheizter Außenwand.

Figur 5 zeigt eine schematische Darstellung einer Flugzeugklimaanlage gemäß der vorliegenden Erfindung. Gleiche Teile sind hier mit gleichen Bezugszeichen versehen wie bei der Darstellung gemäß Figur 2.

Die Warmluft wird von der warmluftseitigen Einlassseite des Primärwärmetauschers 20 abgezogen und über das Ventil 100 dem Kondensor 70' zugeführt. Der Kondensor 70' weist den aus Figur 6 ersichtlichen Aufbau auf. Der in dem Kondensor 70' angeordnete Bypass 200 ist derart angeordnet, dass die in den Kondensor 70' über

den Warmlufteinlass 210 einströmende Luft ausschließlich oder zu einem überwiegenden Teil durch den Bypass 200 geführt wird. Der Bypass 200 ist im Randbereich des Kondensors 70' angeordnet und befindet sich somit seitlich bzw. unterhalb der Wärmetauschereinheit 220. Der Bypass kann auch an anderer Stelle des Kondensors, beispielsweise mittig oder in einem Bereich zwischen der Kondensormitte und dem Randbereich angeordnet sein. Entsprechendes gilt für den Warmlufteinlass. Grundsätzlich können auch mehrere Bypässe und/oder mehrere Warmlufteinlässe vorgesehen sein, die ebenfalls an beliebiger Stelle in dem Kondensor angeordnet sein können.

Ist das Ventil 100 geöffnet, strömt durch den Warmlufteinlass 210 Warmluft (TCV-Luft) in den Kondensor 70' und wird sodann aufgrund der fluchtenden Anordnung von Warmlufteinlass 210 und Einlass des Bypass 200 in den Bypass 200 geführt. Die Durchströmung des Kondensors 70' mit Warmluft findet gemäß Figur 6, obere Darstellung, im Bypass 200 des Kondensors 70' statt. In bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung findet in dem Bypass 200 kein Wärmeaustausch statt. Die Warmluft wird bautechnisch niederdruckseitig im Einlassbereich des seitlich angeordneten Bypass 200 zugemischt. Der Kondensor Bypass 200 wird als integrierte Leitung für die Warmluft verwendet. Die eigentliche Vermischung mit der Kühlluft, die bei geöffnetem Ventil 100 zu dem überwiegenden Teil oder ausschließlich durch die Wärmetauschereinheit 220 strömt, erfolgt in der Auslassseite der Wärmetauschereinheit 220. Erst in diesem Bereich wird die Warmluft mit der die Wärmetauschereinheit 220 verlassenden Kühlluft vermischt. Grundsätzlich ist es ebenfalls möglich, die Bypassleitung so auszuführen, dass sie nicht die gesamte Wärmetauschereinheit 220, sondern nur einen Teilbereich davon umgeht und im Bereich der Wärmetauschereinheit 220 mündet.

Wie aus Figur 6 ersichtlich, wird als Kühlluft die Auslassluft der Turbine 60 gemäß Figur 5 verwendet. Die Warmluft wird von der Einlassseite des Primärwärmetauschers 20 abgeführt. Der kaltluftseitige Auslass des Kondensors 70' steht mit der Mischkammer bzw. Kabine des Flugzeuges in Verbindung. Das zu kühlende Medi-

um besteht aus feuchter Luft vom Reheater 50. Nach Passieren des Kondensors 70' wird diese Luft zum Wasserabscheider 80 geführt.

Die vorliegende Erfindung bietet folgende Vorteile:

Wie aus Figur 7 ersichtlich, bleibt die Feuchte der Auslassluft der Klimaanlage auch im Teillastbereich, bei teilweise oder vollständig geöffnetem Ventil 100 auf dem niedrigen Niveau des maximalen Kühlfalles. Daraus ergeben sich entsprechende Vorteile für den Passagierkomfort und die Vereisungsgefahr.

Als Hauptgründe hierfür sind zu nennen:

1. Die warme durch den Einlass 210 eingeführte TCV-Luft wird thermodynamisch niederdruckseitig vorzugsweise erst nach dem Kondensor 70' zugemischt. Dadurch ergibt sich auch im Teillastbereich eine hohe Wärmeübertragung im Kondensor 70' und damit hohe Kondensatbildung für die Wasserabscheidung.
2. In Klimaanlage nach dem Stand der Technik ist die Luftaufteilung zwischen dem Kondensor Bypass und Kühlrippen im wesentlichen konstant (ca. 30% Bypass). Diese Luftaufteilung ist gemäß der vorliegenden Erfindung jedoch variabel, wodurch sich entsprechende Vorteile hinsichtlich Kondensatbildung und Wasserabscheidung ergeben. Wie aus Figur 8 ersichtlich, ergeben sich unterschiedliche Betriebsweisen des erfindungsgemäßen Kondensors 70'. Solange das Ventil 100 geschlossen ist, ergeben sich keine Unterschiede zum Stand der Technik, das heißt zum Beispiel 30% der Turbinenauslassluft strömt durch den Bypass 200, während circa 70% der Luft durch die Kühlrippen der Wärmetauschereinheit 220 strömt. Der Bypass 200 erfüllt in diesem Betriebszustand die selbe Funktion wie gemäß dem Stand der Technik.

Wird das Ventil 100 geöffnet, strömt die durch den Warmlufteinlass 210 in den Kondensor 70' eintretende Warmluft direkt zum Einlass des Kondensor By-

pass 200. Die Strömung der Turbinenauslassluft wird dabei so beeinflusst, dass weniger Turbinenluft in den Bypass 200 und mehr durch die Kühlrippen der Wärmetauschereinheit 210 strömt. Zumindest ein Teil des Bypass 200 ist somit von Warmluft belegt. Der im Vergleich zum Stand der Technik höhere Anteil der Turbinenluft, die niederdruckseitig in den Kondensor 70' strömt, ergibt ein günstigeres Massenstromverhältnis von heißer zu kalter Kondensorluft und damit einen höheren Kondensor-Wirkungsgrad mit den entsprechenden Vorteilen für die Kondensatbildung / Wasserabscheidung.

Ein weiterer Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht in einer kompakten und leichten Bauweise des Kondensors 70' und damit der Klimaanlage, da der Bypass 200 als integrierte Leitung genutzt werden kann. Damit ist in dieser Ausführungsform keine Leitungsführung um den Kondensor 70' notwendig.

Eine Anordnung der Warmluft-Zuführung im Einlassbereich des Kondensor Bypass 200 ermöglicht auch eine Enteisung desselben. Somit ist in der Regel auch kein zweites Ventil für etwaige Enteisungsvorgänge notwendig, was mit entsprechenden Vorteilen hinsichtlich Gewicht, Bauraum und Kosten verbunden ist.

Im Gegensatz zu der Bypassanordnung mit dem Ventil 110 gemäß Figur 2 wird das Teillastbetriebsverhalten der Air-Cycle-Machine ACM, die gemäß Figur 2 und 5 als Drei-Rad-Maschine ausgeführt ist, (Kompressor Wirkungsgrad) nicht nachteilig beeinflusst, weil hier ein Bypass von Kompressor und Turbine stattfindet. Damit sind beide Räder auch im Teillastbetrieb mit der gleichen Luftmenge beaufschlagt. Auch im Teillastbetrieb arbeitet der Kompressor mit hohem Wirkungsgrad. Die Druckluftversorgung wird somit entlastet, was in geringeren Betriebskosten und einer höheren Lebenserwartung resultiert.

Figur 9 zeigt eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Kondensors. Hier befindet sich zwischen dem Bypass 200 und der Außenseite der Wärmetauschereinheit 220 ein von zu kühlender wärmerer Luft durchströmter Bereich 240.

Dadurch ergibt sich der Vorteil, dass beide Seiten des Bypass 200 zur Verhinderung von Eisaufbau beheizt sind.

Die vorliegende Erfindung ermöglicht es, den Feuchte-Gehalt der Klimaanlage Auslassluft auch im Teilbereich gering zu halten, was dadurch erreicht wird, dass die zugeführte Warmluft nicht bereits im Einlassbereich der Wärmetauschereinheit vollständig mit der Turbinenauslassluft vermischt wird. Besonders vorteilhaft ist es, wenn der Bypass des Kondensors zur Zumischung der Warmluft verwendet wird. Diese strömt im Teillastbetrieb im wesentlichen durch den Bypass des Kondensors und wird vorzugsweise im Auslassbereich der Wärmetauschereinheit mit der Kühlluft vermischt. Bei maximaler Kühlleistung wird der Bypass von Kühlluft beaufschlagt.

**Liebherr-Aerospace Lindenberg GmbH**  
**D-88153 Lindenberg**

---

Kondensor

---

**Patentansprüche**

1. Kondensor für eine luftgestützte Klimaanlage mit einem Einlass und einem Auslass für die zu kühlende Luft, mit einem Einlass und einem Auslass für die Kühlluft, mit einer Wärmetauschereinheit zum Wärmeübergang zwischen der zu kühlenden Luft und der Kühlluft, mit einem Bypass, der die Wärmetauschereinheit kühlluftseitig zumindest bereichsweise umgeht sowie mit einem Warmlufteinlass auf der Kühlluftseite, mittels dessen Warmluft in den Kondensor einführbar ist,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß der Warmlufteinlass derart angeordnet ist, daß die Warmluft im wesentlichen in einem Teilbereich des kühlluftseitigen Kondensoreinlasses strömt und daß der Bypasseinlass in dem Teilbereich stromabwärts des Warmlufteinlasses angeordnet ist.

2. Kondensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Bypass im Randbereich des Kondensors oder mittig oder in einem zwischen diesen Positionen liegenden Bereich angeordnet ist.
3. Kondensor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Bypass integraler Bestandteil des Kondensors ist.
4. Kondensor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Warmlufteinlass und der Bypasseinlass derart zueinander ausgerichtet sind, daß der Warmluftstrom vollständig durch den Bypass geführt wird.
5. Kondensor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Warmlufteinlass und der Bypasseinlass derart zueinander ausgerichtet sind, daß der Warmluftstrom überwiegend durch den Bypass geführt wird.
6. Kondensor nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Bypass im Randbereich der Wärmetauschereinheit angeordnet ist und daß zwischen der Aussenwand der Wärmetauschereinheit und der Wandung des Bypass ein mit zu kühlender Luft durchströmbarer Bereich angeordnet ist.
7. Kondensor nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß zwei oder mehr Bypässe vorgesehen sind, die jeweils im Randbereich des Kondensors angeordnet sind.
8. Kondensor nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß ein oder mehrere Ventile vorgesehen sind, mittels derer der Volumenstrom der dem oder den Bypässen jeweils zugeführten Warmluft veränderbar ist.
9. Kondensor nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das oder die Ventile in die Wärmetauschereinheit integriert sind.



10. Kondensor nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß ein Wasserabscheider vorgesehen ist, der in den Auslass der Kühlluft oder der zu kühlenden Luft integriert ist.
11. Kondensor nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Wärmetauschereinheit in beliebiger Ausgestaltung, insbesondere als Kreuzströmer, Gegenströmer oder Gleichströmer ausgeführt ist.
12. Luftgestützte Klimaanlage, insbesondere für Flugzeuge, mit wenigstens einer Turbine zur Entspannung und Abkühlung von der Passagierkabine zuzuführender Luft, mit einem Kondensor, der eine Wärmetauschereinheit aufweist, deren kühlluftseitiger Einlass mit dem Turbinenauslass in Verbindung steht, sowie mit einer Zumischleitung, mittels derer der der Passagierkabine zuzuführenden Luft Warmluft zumischbar ist,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß die Zumischleitung stromabwärts des kühlluftseitigen Einlasses der Wärmetauschereinheit einmündet.

13. Klimaanlage nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Zumischleitung in den Auslassbereich der Wärmetauschereinheit im Kondensor mündet.
14. Klimaanlage nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß ein Stauluftkanal vorgesehen ist, in dem ein oder mehrere Wärmetauscher angeordnet sind, die kaltluftseitig von Stau- oder Umgebungsluft durchströmt werden und die warmluftseitig mit einer Warmluftleitung in Verbindung stehen, die mit der Zumischleitung derart in Verbindung steht, dass diese aus der Warmluftleitung mit Warmluft versorgt wird.

15. Klimaanlage nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Kondensor nach einem der Ansprüche 1 bis 11 ausgeführt ist und die Zumischleitung durch den Bypass des Kondensors gebildet wird.

**Liebherr-Aerospace Lindenberg GmbH**  
**D- 88153 Lindenberg**

---

Kondensor

---

**Zusammenfassung**

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Kondensor für eine luftgestützte Klimaanlage mit einem Einlass und einem Auslass für die zu kühlende Luft, mit einem Einlass und einem Auslass für die Kühlluft, mit einer Wärmetauschereinheit zum Wärmeübergang zwischen der zu kühlenden Luft und der Kühlluft, mit einem Bypass, der die Wärmetauschereinheit kühlluftseitig zumindest bereichsweise umgeht, sowie mit einem Warmlufteinlass auf der Kühlluftseite, mittels dessen Warmluft in den Kondensor einführbar ist. Eine besonders geringe Feuchte auch im Teillastbereich bei nach wie vor hoher Durchlässigkeit der Klimaanlage wird erfindungsgemäß dadurch erzielt, dass der Warmlufteinlass derart angeordnet ist, dass die Warmluft im wesentlichen in einem Teilbereich des kühlluftseitigen Kondensoreinlasses strömt und dass der Bypass Einlass in dem Teilbereich stromabwärts des Warmlufteinlasses angeordnet ist.

Die vorliegende Erfindung betrifft ferner eine luftgestützte Klimaanlage, insbesondere für Flugzeuge, mit wenigstens einer Turbine zur Entspannung und Abkühlung von der Passagierkabine zuzuführender Luft mit einem Kondensor, der eine Wärmetauschereinheit aufweist, deren kühlluftseitiger Einlass mit dem Turbinenauslass in Verbindung steht, sowie mit einer Zumischleitung, mittels derer der der Passagierkabine zuzuführenden Luft Warmluft zumischbar ist, wobei die Zumischleitung stromabwärts des kühlluftseitigen Einlasses der Wärmetauschereinheit einmündet.

Fig. 1

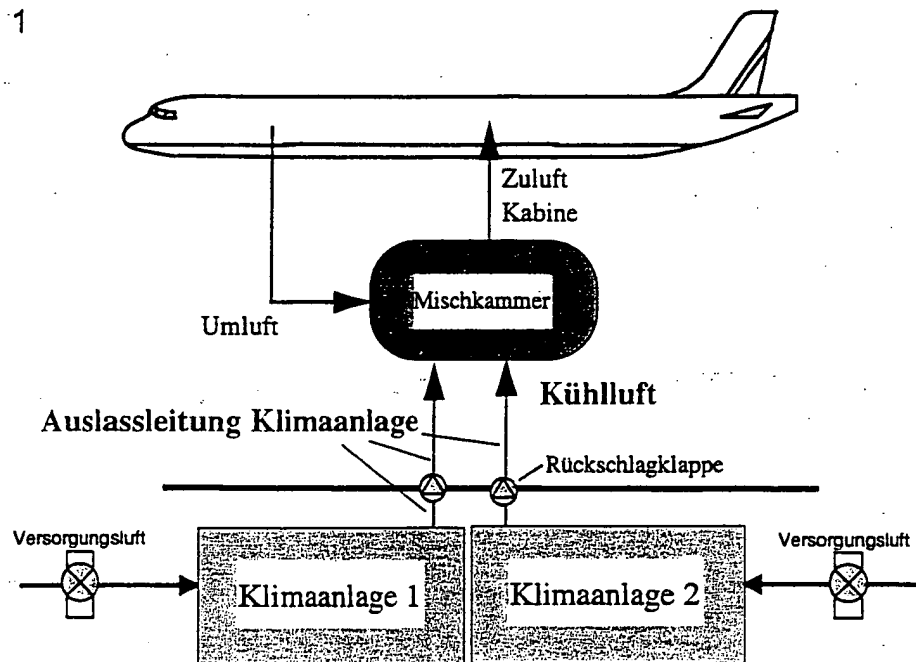


Fig. 2

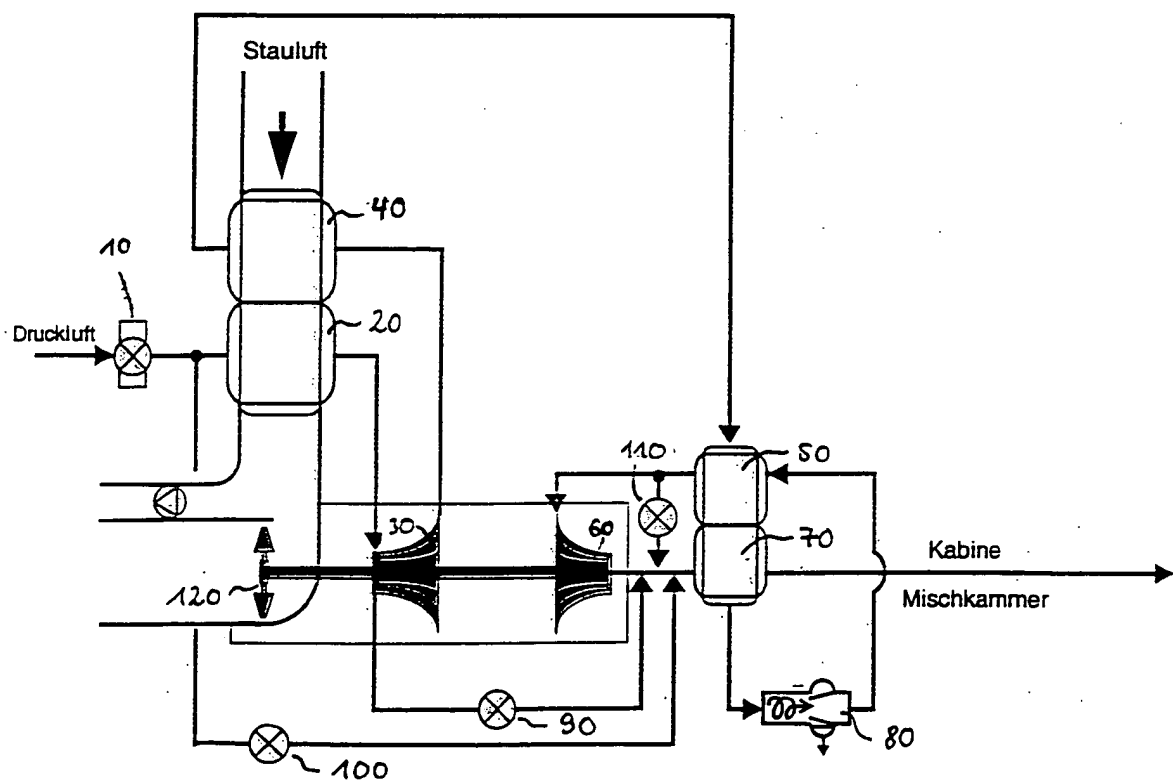


Fig. 3

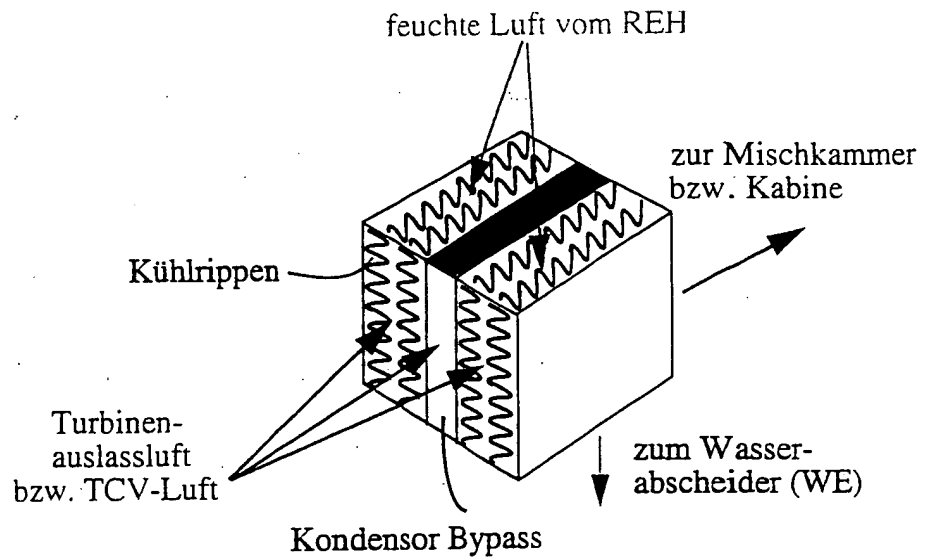
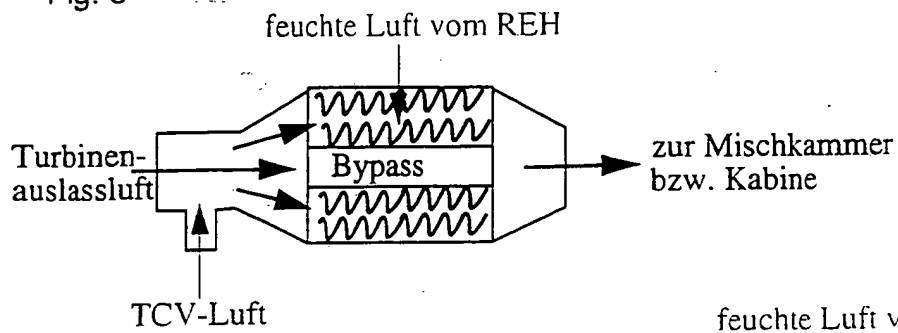


Fig. 4

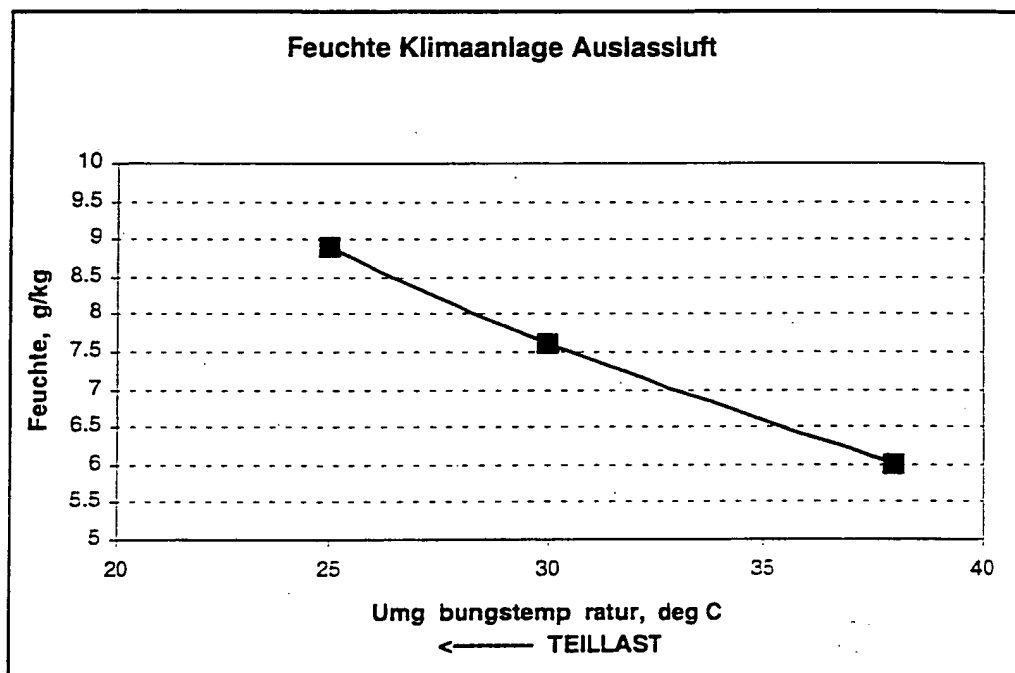


Fig. 5

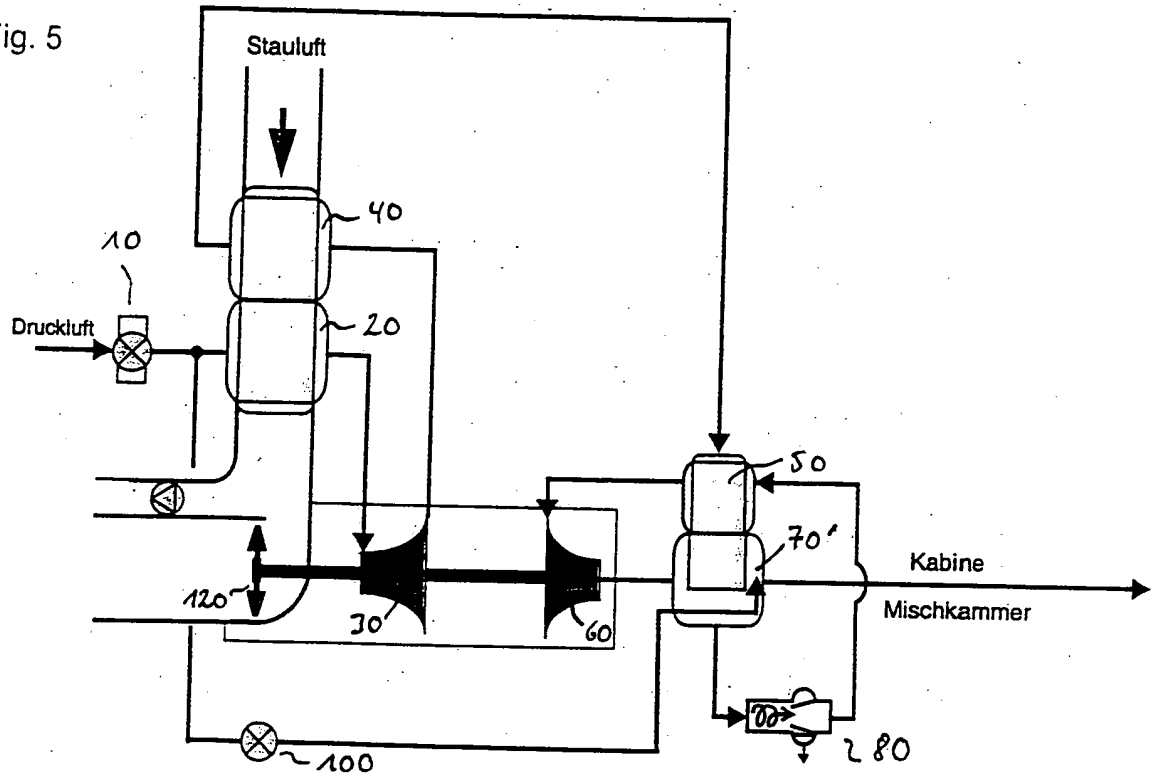


Fig. 6

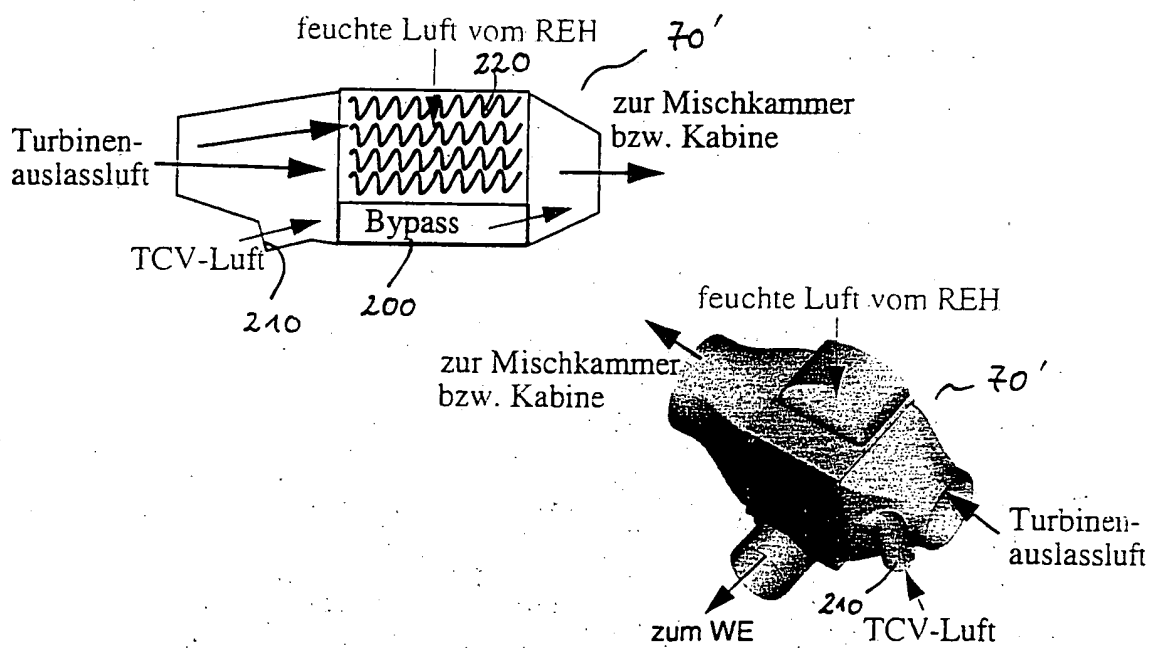
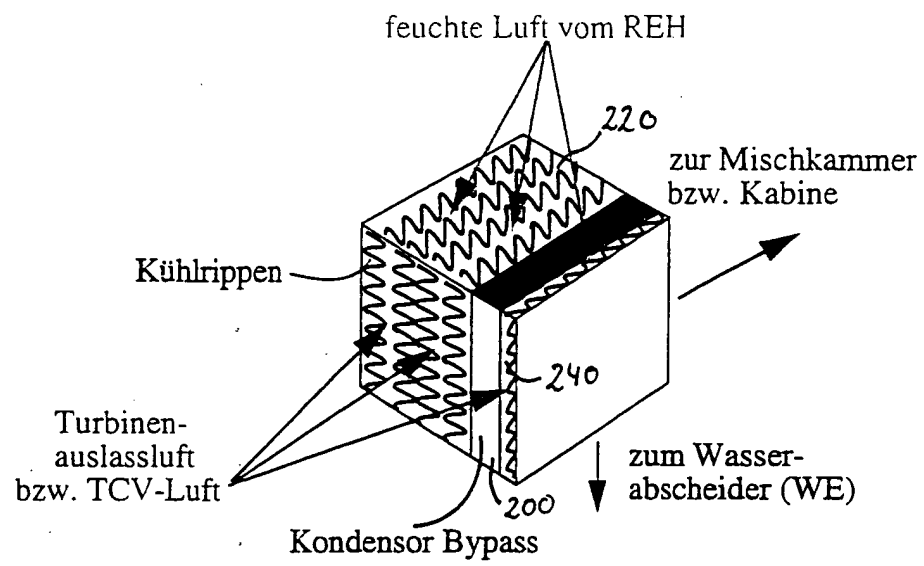


Fig. 9







Creation date: 10-23-2003  
Indexing Officer: YGEZAHEGN - YONATHAN GEZAHEGN  
Team: OIPEScanning  
Dossier: 10682897

Legal Date: 10-14-2003

No.	Doccode	Number of pages
1	TRNA	2
2	SPEC	26
3	CLM	6
4	ABST	1
5	DRW	38
6	OATH	3
7	ADS	2
8	IDS	2
9	FOR	28
10	FOR	15
11	FOR	14
12	FRPR	73
13	WFEE	1
14	WFEE	1

Total number of pages: 212

Remarks:

Order of re-scan issued on .....